

Анализ исследуемого материала позволяет сделать выводы об основных причинах, способствующих формированию селевых потоков на исследуемой территории:

- быстрое накопление рыхлого осадочного материала в верховьях реки Вторая Шихталайка в процессе разрушения расщепленных плагиогранитов и гнейсо-гранитов, имеющих углы падения до  $90^0$ , интенсивность чего связана с климатическими и орографическими особенностями территории;

- выпадение ливневых осадков (в т.ч. 28.06.2014г.).

- череда сейсмических событий происходивших в период с 21.06. по 29.06.2014г.

Основываясь на приведённых выше данных, можно предположить, что произошедшее незадолго до паводка сейсмическое событие вывело из равновесия накопленные массы горных пород на вершинах Тункинских гольцов, а обильное выпадение осадков вызвало избыточное увлажнение этих масс, что в совокупности привело к формированию селевых потоков.

#### Литература

1. Lobatskaya R.M., Mats V.D., Auzina L.I., Shilenkiv V.G., Lishtva A.G. Field Practice on Baikal. Geography, Geology, Zoology, Botany: school-book. Irkutsk: IrSTU, 2008. – 184p.
2. Лапердин В.К. и др. причины и последствия катастрофических селевых потоков 28 июня 2014 г. в окрестностях пос. Аршан, Республика Бурятия.
3. Солоненко В.П. Селевая деятельность в плейстоценовых областях катастрофических землетрясений (Монголо-Байкальская сейсмическая зона) // Бюлл.МОИП. Отд.геол. – 1963. – Т.68, вып.2. – С.133–140.
4. Солоненко В.П., Иванов И.Н., Писарский Б.И., Рыбак О.Л. и др. Селевый паводок в г.Слюдянке на Байкале 20 июня 1960г. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 5.1 п.л.
5. Перов В.Ф. Селевые явления. Терминологический словарь. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. – 34с.

### ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

**В.М. Денисов**

Научный руководитель профессор Л.А. Строкова

*Национальный исследовательский томский политехнический университет, г.Томск, Россия*

Успешное социально-экономическое развитие любого региона невозможно без развития его транспортной инфраструктуры. В Забайкалье в настоящее время железнодорожный транспорт имеет ключевое значение, а в некоторых случаях предоставляет единственную возможность для перевозки грузов и передвижения пассажиров. На железнодорожной Байкало-Амурской магистрали (БАМ) насчитывается несколько десятков опасных обвалных участков, изучение которых является приоритетной задачей на сегодняшний день.

Актуальность работы обусловлена потребностью изучения и прогноза развития склоновых процессов на участке Дельбичинда-Дабан БАМа, на котором происходит разрушение железной дороги денудационными процессами. Для оценки этих процессов предлагается использовать метод фотограмметрии. В 2012-2015 гг. этот метод успешно использовался для оценки экзогенных геологических процессов северного Сихотэ-Алиня и прогноза их интенсивности при транспортном освоении территории на примере жд линии Комсомольск - Советская Гавань [2].

Фотограмметрический метод – это метод, с помощью которого определяют форму, размеры и положение исследуемых объектов, а также для проектирования, возведения и эксплуатации инженерных сооружений по их изображениям на фотоснимках. Метод основывается в определении координат точек модели по измерениям снимков в момент нагрузки и сравнением их с натурными данными. Для передачи полученных данных к картографической проекции нужно устранить неточности, вызванные углом снимков, рельефа местности, фотоматериала и аппаратуры.

Первые теоретические и практические разработки по использованию фотографического изображения для создания модели местности в 1851 году сделал Э. Лосседа. С помощью камеры-клара Лосседа сделал зарисовку плана местности, но, убедившись в не качестве изображений и полученного плана, он в 1852 году использовал фотоснимки для составления топографического плана [1].

Затем в 1854 году итальянский ученый И. Порро с помощью созданной им фотокамеры начал экспериментальные фототопографические съемки. Порро изобрел способ измерения углов по полученным снимкам на точки местности.

Самое слово "фотограмметрия" произошло от греческих слов photos (свет), metreo (измеряю) и gramma (запись), что означает измерение изображения объекта. В настоящее время фотограмметрические методы применяют для измерения изображений объектов, полученных не только в оптическом диапазоне электромагнитного спектра, но и в радио- и рентгеновском диапазонах.

Решаемые фотограмметрией задачи можно сформулировать следующим образом: определение по изображениям исследуемого объекта на момент съемки его формы, размеров, площади, объема, сечений и пространственного положения в заданной системе координат, а также изменения этих величин через заданный интервал времени. Преимущество фотограмметрических измерений состоит в том, что по изображениям объекта на момент съемки можно получить цифровую информацию такой густоты, которую практически невозможно достичь при непосредственных промерах. Кроме того, можно получить цифровую и графическую информацию

об объекте, не вступая с ним в контакт, что является единственным вариантом получения такой информации, если объект недоступен для человека или находится в среде, опасной для его жизни [1].

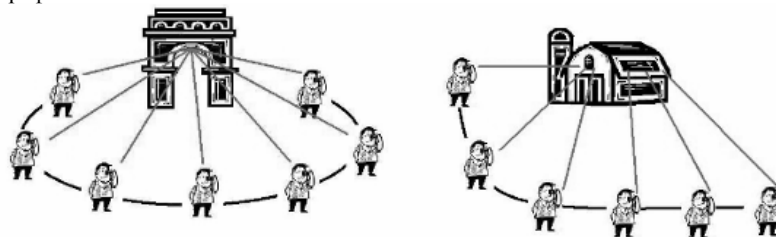
Для рассматриваемого участка в качестве оптимального метода расчета предлагается опыт построения цифровой модели местности железнодорожная линия Комсомольск-Советская Гавань [2]. Цифровая модель местности представляет сочетание целого ряда различных программных продуктов и специально написанных дополнительных сценариев, чтобы упростить систему для фотограмметрической реконструкции.

Процесс разработки цифровой модели состоит из двух основных этапов:

1. Полевые работы.

Основная задача состоит в получении множества фотоснимков рельефа одного объекта за разные периоды времени, на основе которых строится цифровая модель местности.

Важную роль играет правильная съемка объекта исследования. Чем больше фотоснимков с разных ракурсов будет сделано, тем точнее будет итоговая цифровая модель. На рисунке 1 показана корректная расстановка фотографа относительно объекта.



**Рис.1. Примеры расстановки фотографа относительно объекта [2]**

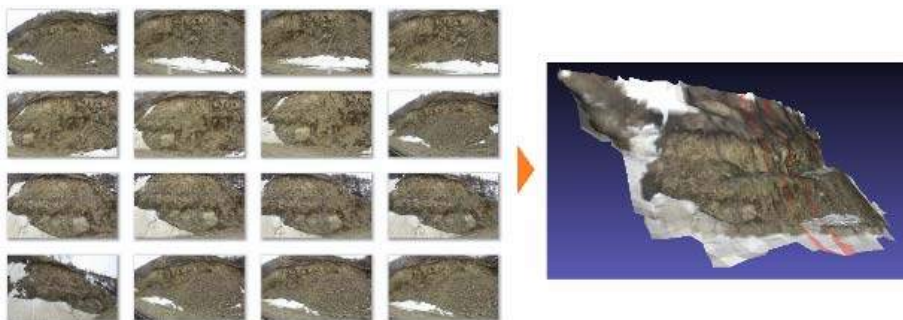
2. Камеральный этап

Камеральная обработка данных состоит из 2-х частей:

а) Обработка полученных фотографий и получение модели местности ведется в автоматическом режиме при помощи разработанной цифровой фотограмметрической системы. Первая часть состоит из нескольких ступеней.

Анализ характеристик оптической системы (определение фокусного расстояния камеры и определение положения камеры относительно объекта съемки).

- Поиск точек пересечения фотоснимков.
- Определение планового положения и высот опорных точек, в результате чего мы получаем массив («облако») точек.
- Сохранение результатов обработки в формате PLY (рис.2) – это формат компьютерного файла, известный как формат Стэнфордского треугольника, предназначенный для хранения трехмерных данных.



**Рис.2. Результат обработки фотоснимков [2]**

Дальнейшая работа с полученными результатами возможна во многих специализированных программах 3D моделирования, поддерживающих формат PLY.

б) Вторая часть обработки состоит непосредственно в вычислении скорости денудационных процессов.

Здесь обрабатываются полученные в разное время цифровые модели откосов путем сравнения площадей расчетных сечений. Происходит фиксация изменений за отчетный период и расчет скорости денудационных процессов на участке.

Точность полученных результатов оценивается при сравнении высот полученной модели с основными отметками микрорельефа склона, замеренными в ходе тахеометрической съемки или при помощи дальномера.

Скорость денудационных процессов при помощи фотограмметрического метода определяется на участках, сложенных андезитами и алевритами.

В результате обработки фотоснимков, сделанных при помощи вышеописанной программы, были получены рабочие цифровые модели откоса (рис.3).

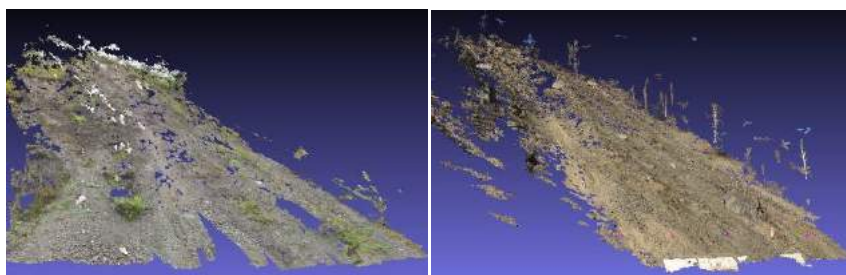


Рис.3. Цифровые модели откоса: а) сентябрь 2010г., б) май 2011 г [2]

Для фиксации изменений модели были совмещены и разделены сечениями через 1 метр.

Отсюда авторами был сделан вывод, что наиболее достоверное значение скорости денудации на данном участке можно получить исходя из расчета объема отступления стенки обнажения. Учитывая, что разница во времени съемки откосов составила девять месяцев, средняя скорость денудации для пород данного генезиса на ширине откоса в 27 м и высоте, меняющейся в пределах 39 – 58 м, составила равной 32 м 3 в месяц [2].

В результате описания геологической обстановки участка Дельбичинда-Дабан БАМа было предложено также использовать метод фотограмметрии для оценки денудационных процессов.

#### Литература

1. Корнилов Ю.Н. Фотограмметрия. – Санкт-Петербург, 2006. – С. 10–12.
2. Язвенко П.А. Опасные экзогенные геологические процессы северного Сихотэ-Алиня и прогноз их интенсивности при транспортном освоении территории (на примере жд линии Комсомольск - Советская Гавань) автореферат. Диссертация кандидата геолого-минералогических наук. – Хабаровск, 2015. – С. 102 – 111.

### СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛУОСТРОВА КРЫМ

**В.В. Дребот, Е.А. Ворожейкина**

Научный руководитель профессор В.К. Попов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия*

Дефицит пресных вод знаком человечеству с древнейших времен. По мере урбанизации территории увеличивались и масштабы водопотребления. В наши дни водный кризис приобретает глобальные масштабы. По данным ООН, уже сейчас более 1,2 млрд людей живут в условиях постоянного дефицита пресной воды, около 2 млрд страдают от него регулярно (в сухой сезон и т. п.). По прогнозам ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН), к середине третьего десятилетия XXI в. численность живущих при перманентной нехватке воды превысит 4 млрд человек[4].

Изучая проблему с выделением структуры, нами был выбран Крым, где данная ситуация наиболее типична. В Российской Федерации дефицит пресных вод является наиболее актуальной проблемой для жителей Крымского полуострова после воссоединения с Россией 18 марта 2014 года. Она обусловлена перекрытием Украиной шлюзов Северо-Крымского канала, который в свою очередь являлся основным источником водоснабжения региона.

Известно, что подземные воды территории Крыма распространены почти повсеместно. Однако как типы их, так и условия накопления, залегания, циркуляции, количество и качество, а также условия эксплуатации – очень различны в пределах различных районов Крыма. Ресурсы подземных вод в целом достаточно большие. Гидрогеологическое строение территории Крыма, иначе говоря, присущие ей гидрогеологические структуры тесно связаны с рельефом, который отражает гидрогеологическую сущность территории Крыма. Гидрогеологические структуры Крыма представлены артезианскими бассейнами и складчатыми гидрогеологическими областями [3].

Геолого-гидрогеологические особенности территории Крымского полуострова позволяют рассматривать подземные воды – как стабильный источник водоснабжения (в Советский период было пробурено более 3000 скважин), часть из них затампонирована и как стратегический запас пресных питьевых вод хорошего качества. Всего в Крыму выделено, оценено и эксплуатируется 11 месторождений подземных вод, которые охватывают 78 участков. Практически все месторождения подземных вод, как в Горном, так и в Равнинном Крыму приурочены к карбонатным отложениям, с которыми связаны водоносные зоны, водоносные горизонты и комплексы. Прогнозные ресурсы Крыма оцениваются в количестве 1300,8 тыс м<sup>3</sup>/сут. (ГКЗ СССР, ТКЗ). Разведка подземных вод на Крымском полуострове прекратилась с момента распада СССР. Эксплуатационные запасы разрабатываемых месторождений подземных вод, утвержденные ГКЗ СССР, составляют 1178,3 тыс м<sup>3</sup>/сут., из них на общие разведанные запасы (категории А+В+С1) приходится 987,1 тыс м<sup>3</sup>/сут., на предварительно оцененные запасы (категория С2) – 191,2 тыс м<sup>3</sup>/сут. (табл. 1)[5].